Surveillance des prises d'eau potable réalisée dans le cadre du suivi environnemental des pulvérisations aériennes d'insecticides contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette au Québec, en 1986.

Québec

88-00622/

Surveillance des prises d'eau potable réalisée dans le cadre du suivi environnemental des pulvérisations aériennes d'insecticides contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette au Québec, en 1986

Sylvie Delisle, tech. de la faune
Guy Parent, tech. de la faune
Renaud Dostie, tech. de la faune

Service des études environnementales

GOUVERNEMENT DU QUEBEC
MINISTERE DE L'ENERGIE ET DES RESSOURCES
DIRECTION DE LA CONSERVATION

Québec, Novembre 1986

69

REMERCIEMENTS

Les auteurs désirent remercier MM. Daniel Moreau et Jean-Abel Roussy qui étaient responsables de l'échantillonnage aux municipalités de Franquelin et de Baie-Trinité. Nous remercions également le personnel du Service des études environnementales du M.E.R., soit M. Pierre-Martin Marotte pour la supervision du projet et du rapport, ainsi que M. Gilles Gaboury pour la révision du texte et M. Denis Labrie pour sa collaboration à l'échantillonnage. Les analyses ont été effectuées par le personnel du laboratoire de microbiologie, soit Mmes Pierrette Cardinal et Céline Blanchette, ainsi que par le personnel du laboratoire de chimie, soit MM. Guy Mamarbachi, Michel Carmichaël et Mme Nicole Nadeau. Nous tenons aussi à remercier Mme Anne Laroche pour l'aide qu'elle a apportée en tant que secrétaire.

RESUME

En 1986, le ministère de l'Energie et des Ressources a réalisé un programme d'échantillonnage des prises d'eau potable de cinq municipalités situées entre 4,8 et 9,3 kilomètres de secteurs traités à l'insecticide contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette (Choristoneura fumiferana Clem.). Cette étude visait à évaluer la présence de l'insecticide chimique fénitrothion et de l'insecticide biologique Bacillus thuringiensis var. kurstaki (B.t.) dans l'eau après les pulvérisations opérationnelles. Trente-six échantillons ont été récoltés dont onze pour analyse chimique et vingt-cinq pour analyse microbiologique.

Aucune concentration de fénitrothion n'a été détectée[1] dans les échantillons récoltés à la seule station concernée par les pulvérisations d'insecticide chimique (8,8 km). En période préopérationnelle, des concentrations de 0,067 x 10^4 et de 0,014 x 10^4 U.F.C.[2]/l ont été détectées à deux stations situées dans un rayon de vingt kilomètres de secteurs traités au B.t. en 1985. Aucune trace de B.t. n'a été observée aux deux autres stations avant les opérations. Sur l'ensemble des stations, de faibles concentrations variant de N.D.[3] à 0,72 x 10^4 U.F.C./l ont été détectées entre 12 et 108 heures après les pulvérisations. Une seule station n'a révélé aucune présence de B.t. tout au long de la séquence d'échantillonnage.

[1] limite de détection: < 0,01 µg/l

[2] U.F.C.: Unité formant des colonies

[3] N.D.: <0,001 x 10^4 U.F.C./l

ABSTRACT

In 1986, the ministère de l'Énergie et des Ressources of Québec carried out a sampling program of drinking water in five municipalities located 4.8 to 9.3 kilometres from areas treated with insecticides against spruce budworm (Choristoneura fumiferana Clem.). The study aimed at evaluating the presence of the chemical insecticide fenitrothion and the biocide Bacillus thuringiensis var. kurstaki (B.t.) in water after operational sprayings. Thirty-six samples were collected among which eleven were for chemical analysis and twenty-five for microbiological analysis.

No fenitrothion was detected[1] in samples collected at the only station concerned by chemical sprayings (8.8 km). Before the spraying operations concentrations of 0.067×10^4 and 0.014×10^4 C.F.U.[2]/l were detected at two stations located within twenty kilometres from areas treated with B.t. in 1985. No B.t. was observed at the other stations before the operations. On the whole, low concentrations ranging from undetected ($< 0.001 \times 10^4$ C.F.U./l) to 0.72×10^4 C.F.U./l were found after a post-spray period of 12 to 108 hours. Only one station showed no trace of B.t. during the whole sampling period.

[1]Detection limit: <0.01 µg/l

[2]C.F.U.: Colony forming unit

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS..... iii

RESUME..... v

ABSTRACT..... vii

TABLE DES MATIERES..... ix

LISTE DES TABLEAUX..... xi

LISTE DES FIGURES..... xi

1. INTRODUCTION..... 1

2. PROGRAMME DE PULVERISATIONS..... 3

2.1 Territoire..... 3
2.2 Appareils et produits..... 3

3. PROGRAMME D'ECHANTILLONNAGE..... 5

3.1 Description des stations..... 5
3.2 Séquence d'échantillonnage..... 6

4. METHODOLOGIE D'ECHANTILLONNAGE..... 9

4.1 Echantillonnage pour analyse chimique..... 9
4.2 Echantillonnage pour analyse biologique..... 9
4.2.1 Robinet..... 9
4.2.2 Support métallique..... 10

5. METHODOLOGIE D'ANALYSE..... 11

5.1 Analyse chimique..... 11
5.2 Analyse microbiologique..... 11

6. RESULTATS ET DISCUSSION..... 13

6.1 Insecticide chimique..... 13
6.2 Insecticide biologique..... 13

BIBLIOGRAPHIE..... 19

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1: Caractéristiques des stations d'eau potable échantillonnées en 1986..... 7

TABLEAU 2: Concentrations de fénitrothion détectées dans l'eau potable de la municipalité de Franquelin après les pulvérisations en 1986..... 14

TABLEAU 3: Concentrations de B.t. détectées dans les prises d'eau potable de quatre municipalités après les pulvérisations en 1986..... 15

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1: Superficies traitées et stations d'eau potable échantillonnées en 1986..... 4

FIGURE 2: Dispositif servant à l'échantillonnage de l'eau..... 10

1. INTRODUCTION

En 1986, le ministère de l'Energie et des Ressources du Québec (M.E.R.) a effectué une surveillance environnementale des pulvérisations aériennes d'insecticides chimique et biologique utilisées contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette (Choristoneura fumiferana Clem.). Dans le cadre de ce suivi, le Ministère a réalisé un programme d'échantillonnage de l'eau potable des municipalités situées à proximité des aires traitées. Le but de cette étude était d'évaluer la contamination des prises d'eau potable à la suite des pulvérisations de fénitrothion et de Bacillus thuringiensis var. kurstaki (B.t.).

Cette année, étant donné que les traitements avaient lieu dans des secteurs éloignés des zones habitées, la distance séparant les prises d'eau potable des aires traitées les plus proches était donc relativement élevée. Selon les stations, cette distance variait entre 4,8 et 9,3 km. Lors des années antérieures, les prises d'eau échantillonnées étaient situées à moins de 5 km des aires traitées. Il va s'en dire que les zones de protection accordées aux prises d'eau potable et stipulées par le décret ministériel 192-85 ont été observées durant ce programme de pulvérisations. Celles-ci, rappelons-le, sont de trois kilomètres pour l'insecticide chimique et de 122 mètres pour le B.t. lors de traitements effectués par des monomoteurs.

2. PROGRAMME DE PULVERISATIONS

2.1 Territoire

le programme de pulvérisations d'insecticides du M.E.R. s'est déroulé du 29 mai au 3 juillet 1986. Il a couvert une superficie de 51 198 hectares répartis dans les régions de la Côte-Nord, de la Mauricie et du Saguenay - Lac St-Jean (figure 1). De cette superficie, 33 038 hectares (65%) ont été traités à l'insecticide chimique et 18 160 hectares (35%) à l'insecticide biologique. Les traitements réalisés en Mauricie ont tous été effectués à l'insecticide biologique.

2.2 Appareils et produits

L'épandage de l'insecticide a été réalisé au moyen d'avions monomoteurs de types Ag Cat et Bull Thrush équipés de six pulvérisateurs Mini-Micronair AU 5000^{MD}. La navigation était effectuée de façon visuelle avec l'aide d'un avion pointeur.

L'insecticide chimique fénitrothion (Sumithion^{MD}) ainsi que l'insecticide biologique Bacillus thuringiensis (Thuricide 48LV^{MD}) ont été utilisés pour réaliser ce programme. Le fénitrothion était pulvérisé au taux de 210 g I.A.[1]/ha dans un volume final de 1,4 l/ha. Les préparations de ce produit se composait d'ingrédient actif (12%), de Cyclosol 63^{MD} (40%), d'huile 585 (47,5%) et du colorant Automate Red B^{MD} (0,5%). Les préparations de B.t. étaient appliquées au taux de 30 M.U.I.[2]/ha dans un volume final de 2,37 l/ha. Le traitement biologique ne comprenait qu'une seule application d'insecticide alors que le traitement chimique nécessitait deux applications réalisées à cinq jours d'intervalle.

[1] I.A.: Ingrédient actif

[2] M.U.I.: Milliard d'unités internationales

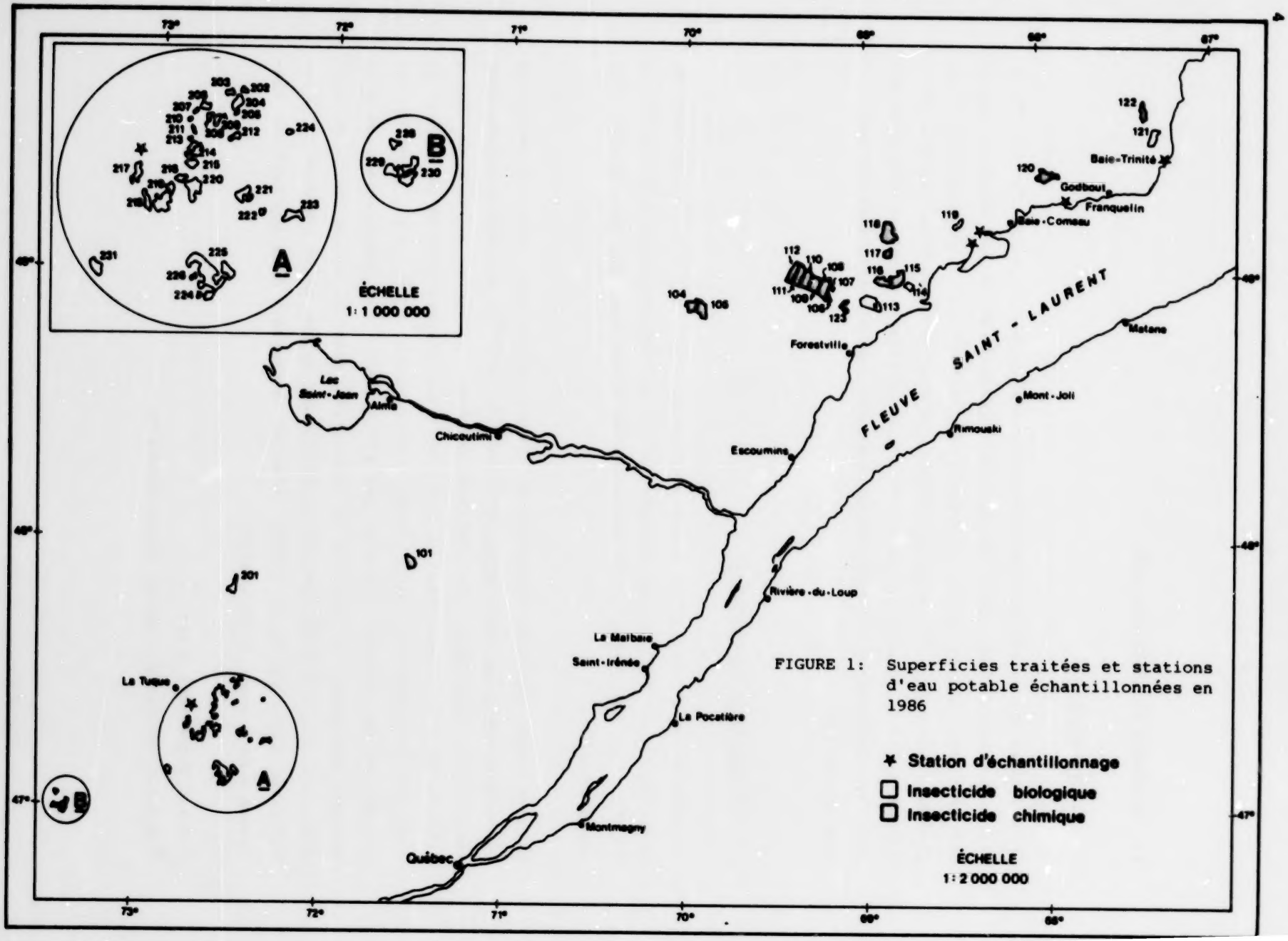

FIGURE 1: Superficies traitées et stations d'eau potable échantillonnées en 1986

3. PROGRAMME D'ECHANTILLONNAGE

3.1 Description des stations

Les prises d'eau échantillonnées lors de cette étude desservaient les cinq municipalités suivantes: La Tuque, Baie-Comeau, Baie-Trinité, Chutes-aux-Outardes et Franquelin (figure 1). La station de Franquelin était la seule concernée par l'insecticide chimique. Une distance de 8,8 km la séparait des secteurs traités au fénitrothion alors que les autres stations étaient situées entre 4,8 et 9,3 km des aires traitées au B.t.. Mentionnons que les villes de Franquelin et La Tuque puisent leur eau dans des lacs, et que les autres municipalités sont approvisionnées par des rivières (tableau 1).

A l'exception de la station 217-A (La Tuque), les échantillons ont été récoltés dans les usines de traitement des municipalités à partir d'un robinet d'eau de consommation. Notons cependant que l'échantillon récolté avant le début des traitements à la station 119-B (Baie-Comeau) a été prélevé directement dans la rivière qui alimente l'usine. Pour ce qui est des échantillons de la station 217-A, ils ont été prélevés dans un espace de filtration primaire situé à l'émissaire du lac Wayagamac. Cet espace de filtration est alimenté par un tuyau d'amenée prélevant l'eau dans le lac à une profondeur de dix sept mètres. Ainsi l'eau échantillonnée n'a subit aucun traitement d'épuration. Seules les grosses particules (bouts de bois, poissons, etc). ont été éliminées lors de la filtration primaire.

Les pulvérisations de B.t. ont touché le bassin versant des sites d'approvisionnement en eau potable de trois municipalités: Baie-Comeau, Chutes-aux-Outardes et La Tuque. Les superficies traitées sur chacun de ces bassins versants sont respectivement de 394, 613 et 1 697 hectares (tableau 1). Le bassin versant des deux autres stations n'a pas été touché par aucune pulvérisation.

3.2 Séquence d'échantillonnage

Avant le début du programme de pulvérisations, un échantillon a été récolté à chacune des stations. Par la suite, celles-ci ont été échantillonnées après chaque pulvérisation aux délais de 12, 24, 48, 72 et 96 heures. Cette séquence a varié quelque peu pour certaines stations sans toutefois influencer l'interprétation des résultats (tableau 2). Au total, trente six échantillons ont été récoltés dont vingt cinq pour analyse microbiologique et onze pour analyse chimique.

TABLEAU 1: Caractéristiques des stations d'eau potable échantillonnées en 1986

PRODUIT	STATION	MUNICIPALITE	SITE D'APPROVISIONNEMENT	DISTANCE MINIMALE P/R AIRES TRAITEES	SUPERFICIE TRAITEE DU BASSIN VERSANT
Fénitro-thion	120-A	Franquelin	Lac Thomas	8,8 km	0
B.t.	119-A	Chutes-aux-Outardes	Rivière aux Outardes	7,3 km	394 ha
B.t.	119-B	Baie-Comeau	Rivière Manicou-agan	8,1 km	613 ha
B.t.	121-A	Baie-Trinité	Rivière de la Trinité	9,3 km	0
B.t.	217-A	La Tuque	Lac Wayagamac	4,8 km	1 697 ha

4. METHODOLOGIE D'ECHANTILLONNAGE

Pour réaliser cette étude, deux techniques de récoltes ont été utilisées, soit, la méthode d'échantillonnage au robinet et la méthode nécessitant l'utilisation d'un support métallique. Cette dernière technique est employée dans le cas où les abords du plan d'eau à échantillonner sont inaccessibles. Elle a servi lors de la récolte des échantillons de la station 217-A et de l'échantillon-pré de la station 119-B.

4.1 Echantillonnage pour analyse chimique

L'échantillonnage se fait au moyen d'une bouteille Sovirel^{MD} en verre d'une capacité d'un litre. Cette bouteille est muni d'un bouchon vissé en plastique résistant dans lequel est introduit une rondelle de téflon. En laboratoire, une feuille d'aluminium est glissée entre le goulot et le bouchon.

Avant la récolte, l'échantillonneur se lave les mains avec un savon sans eau (Motomaster^{MD}) et les essuie avec un chiffon de papier imbibé d'alcool, ceci afin de minimiser les risques de contamination. Le filtre du robinet est retiré, puis l'intérieur et l'extérieur de l'embout est lavé à l'alcool. Après avoir laissé couler l'eau pendant dix minutes, on glisse la bouteille sous le jet d'eau jusqu'à ce qu'un volume d'un litre soit prélevé. Avant de refermer la bouteille, une nouvelle feuille d'aluminium est placée entre le goulot et le bouchon.

L'échantillon est immédiatement placé au frais (4°C) et à l'abri de la lumière. Il y est conservé jusqu'à son arrivée au laboratoire où l'extraction du fénitrothion est effectué dans un délai de 4 jours.

4.2 Echantillonnage pour analyse biologique

4.2.1 Robinet

Pour cet échantillonnage on utilise des bouteilles en polypropylène de type Boston^{MD} d'une capacité de 946 ml. Chaque échantillon est constitué de deux

bouteilles d'eau récoltées successivement.

Avant la récolte, l'échantillonneur se lave les mains avec un savon antibactérien (Hibitane^{MD}). Il retire ensuite le filtre du robinet, puis nettoie l'intérieur et l'extérieur à l'alcool. Après avoir laissé couler l'eau pendant dix minutes, un volume de 900 ml est recueilli dans une bouteille. Deux minutes plus tard, une seconde bouteille d'eau est récoltée de la même façon. L'échantillon est alors déposé au frais puis congelé jusqu'à son analyse.

4.2.2 Support métallique

Cet échantillonnage se fait au moyen d'un support métallique préalablement nettoyé à l'alcool, sur lequel est fixée une bouteille en polypropylène de type Boston^{MD} de 946 ml (figure 2). A l'aide d'un câble, ce dispositif est descendu dans l'eau jusqu'à ce que le goulot de la bouteille soit enfoncé sous la surface. La bouteille est retirée immédiatement puis elle est enfoncée de nouveau à plusieurs reprises (8 à 12 fois) jusqu'à ce qu'elle soit pleine. Une fois la bouteille remontée, le volume d'eau est ajusté à la quantité requise (900 ml). Une seconde bouteille est ensuite prélevée de la même façon. Les deux bouteilles sont déposées au froid dans une glacière puis congelées jusqu'à leur analyse.

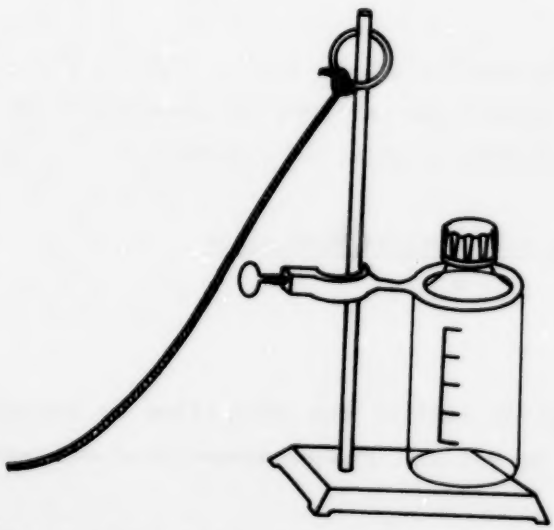

FIGURE 2: Dispositif servant à l'échantillonnage de l'eau

5. METHODOLOGIE D'ANALYSE

5.1 Analyse chimique

L'analyse des onze échantillons a été réalisée au laboratoire de chimie du ministère de l'Energie et des Ressources selon les méthodes décrites par Morin et al (1983). Les résultats sont exprimés en µg/l et la limite de détection est inférieure à 0,01 µg/l.

5.2 Analyse microbiologique

L'analyse des vingt cinq échantillons a été effectuée au laboratoire de microbiologie du M.E.R. selon les techniques décrites par Cardinal (1985). Les concentrations de spores viables de B.t. sont exprimées en nombre d'U.F.C.[1]/l et la limite de détection est inférieure à 0,001 x 10^4 U.F.C./l.

[1] U.F.C.: Unité formant des colonies pouvant provenir d'une ou de plusieurs spores.

6. RESULTATS ET DISCUSSION

6.1 Insecticide chimique

Aucune concentration de fénitrothion n'a été détectée dans l'eau des échantillons récoltés avant et après les pulvérisations (tableau 2). Notons qu'aucun traitement n'a été effectué sur le bassin versant de cette station lors des deux applications de ce produit.

6.2 Insecticide biologique

En période préopérationnelle, aucune concentration de B.t. n'a été observée dans les échantillons des stations 119-A et 121-A. Par contre, aux stations 119-B et 217-A des concentrations de $0,067 \times 10^4$ et $0,014 \times 10^4$ U.F.C./l ont été détectées (tableau 3). En 1985, ces deux stations étaient situées dans un rayon de vingt kilomètres de secteurs traités au B.t. Elles ont donc pu être contaminées à cette époque par la dérive hydrographique ou aérienne de l'insecticide. Les concentrations retrouvées avant le début des pulvérisations de 1986 seraient dues à la persistance du B.t. dans l'eau un an après son application. Ce type de persistance a déjà été observée antérieurement alors que des résultats similaires avaient été détectées (Dostie et al, 1986 a et Dostie et al, 1986 b).

Sur l'ensemble des stations, les concentrations détectées après les pulvérisations varient de N.D. à $0,72 \times 10^4$ U.F.C./l. Seule la station 119-B n'a révélé aucune trace de B.t., tandis qu'un seul échantillon de la station 121-A a révélé une faible concentration de $0,0013 \times 10^4$ U.F.C./l. Le bassin versant de cette dernière station n'étant pas touché par les traitements biologiques, la concentration retrouvée proviendrait de la dérive aérienne du produit. Notons que les plus proches pulvérisations ont été effectuées à 9,3 et 10,3 km de la station (tableau 3). Cette concentration se situe toutefois très près de la limite de détection. Aucune trace de B.t. n'a été détectée lors des récoltes subséquentes.

A une exception près, les échantillons récoltés aux stations 119-A et 217-A

TABLEAU 2: Concentrations de fénitrothion détectées dans l'eau potable de la municipalité de Franquelin après les pulvérisations en 1986

NO. STATION	DATE DE PULVERISATION	DISTANCE MINIMALE P/R AUX TRAITEMENTS	DELAI D'ECHANT.	CONCENTRATION (µ g/l)
120-A	-	-	PRE	N.D.[1]
	06-20 am	8,8 km	12h	N.D.
			24h	N.D.
			48h	N.D.
			72h	N.D.
			96h	N.D.
	06-27 am	8,8 km	12h	N.D.
			24h	N.D.
			48h	N.D.
			72h	N.D.
			96h	N.D.

[1] N.D.: < 0,01 µ g/l

TABLEAU 3: Concentrations de B.t. détectées dans l'eau potable de quatre municipalités après les pulvérisations en 1986

NO. STATION	DATE DE PULVERISATION	DISTANCE MINIMALE P/R AUX TRAITEMENTS	DELAI D'ECHANT.	CONCENTRATION (U.F.C. x 10^4/l)
119-A	-	-	PRE	N.D.
	06-07 am	7,3 km	12h	0,0056
	06-07 pm	8,6 km	12h	0,027
			37h	0,099
			61h	0,45
			84h	0,72
119-B	-	-	PRE	0,067
	06-07 am	8,8 km	12h	N.D.
	06-07 pm	8,1 km	12h	N.D.
			37h	N.D.
			62h	N.D.
			84h	N.D.
121-A	-	-	PRE	N.D.
	06-20 pm	9,3 km	12h	0,0013
	06-21 am	10,3 km	12h	N.D.
			36h	N.D.
			60h	N.D.
			84h	N.D.
			108h	N.D.
217-A	-	-	PRE	0,014
	05-31 pm	8,3 km	12h	N.D.
	06-01 am	4,8 km	12h	0,004
			24h	0,001
			48h	0,012
	06-03 pm	10,4 km	-	-
			72h	0,014

[1] N.D.: < 0,001 x 10^4 U.F.C./l

ont tous révélé des concentrations détectables de B.t.. Pour ces deux stations, une partie du bassin versant était située à l'intérieur des secteurs traités. En observant les résultats, on constate que les concentrations détectées à ces deux endroits ont tendance à augmenter légèrement avec le temps. En effet les concentrations détectées à la station 119-A, de 12 à 84 heures après les pulvérisations, vont de 0,0056 x 10^4 à 0,72 x 10^4 U.F.C./l. Pour ce qui est de la station 217-A, de très faibles concentrations allant de N.D. à 0,014 x 10^4 U.F.C./l ont été retrouvées entre 12 et 72 heures après les traitements au B.t.. Cette augmentation des concentrations pourrait être due au fait que les stations sont situées à des distances relativement élevées par rapport aux traitements. Ainsi l'insecticide pulvérisé en amont sur le bassin versant parviendrait à la prise d'eau potable après un délai plus ou moins élevé selon la distance. Dans le cas de ces deux stations la séquence d'échantillonnage n'a donc pas été assez longue pour permettre d'évaluer les concentrations maximales.

Par ailleurs, le nombre peu élevé de stations échantillonnées lors de cette étude, ne permet pas d'établir une relation significative entre la distance séparant les stations des traitements et la variation des concentrations.

En 1985, une étude portant sur la surveillance des prises d'eau potable lors des traitements au B.t. a été réalisée (Cimon et al, 1986). Pour cette étude, les échantillons avaient été récoltés directement dans des milieux aquatiques naturels, soit des lacs et des rivières, servant de sites d'approvisionnement en eau potable. Ces stations étaient situées à moins de cinq kilomètres des aires traitées. Les conditions d'échantillonnage étant passablement différentes, on peut donc difficilement comparer les résultats de 1985 à ceux de 1986. Néanmoins, il ressort qu'à des délais similaires les concentrations détectées en 1985 sont généralement supérieures à celle de 1986. Les maximums observés en 1985 variaient de 0,045 x 10^4 à 37 x 10^4 U.F.C./l. Ils ont été détectés à des délais s'échelonnant entre 9 et 144 heures après les pulvérisations.

Mentionnons que la présence de B.t. dans de l'eau ayant subit un traitement de filtration et de chloration, comme c'est le cas pour les stations 119-A et 121-A, a déjà été signalée par le passé à la suite de pulvérisations opérationnelles. Cette observation a été rapportée par Menon et De Mestral (1985) dans une étude portant sur les effets de la chloration sur le B.t.. Selon ces auteurs, la quantité de chlore normalement ajoutée à l'eau lors de son traitement ne serait pas suffisante pour éliminer toute trace de cette bactérie. Ainsi de faibles quantités de B.t. peuvent subsister dans l'eau potable. Précisons, toutefois, que plusieurs études reliées à l'utilisation de ce produit soulignent son aspect inoffensif pour la santé humaine (Burges, 1981; Faust et Bulla, 1982; Morris, 1982). De plus, selon une revue bibliographique exhaustive réalisée en 1986, cette bactérie est considérée comme étant non-toxique pour les vertébrés (Dugal, 1986). Rappelons que la présente étude n'a révélé que de très faibles quantités de B.t. dans l'eau potable, et ce à certaines stations seulement.

BIBLIOGRAPHIE

BURGES, H.D., 1981, Safety, Satety Testing and Quality Control of Microbial Pesticides, dans Microbial Control of Pests and Plant Diseases 1970-1980, H.D. Burges ed., London, pp. 737-767.

CARDINAL, P., 1986, Cahier des méthodologies analytiques pour le Bacillus thuringiensis, Québec, Gouvernement du Québec, ministère de l'Energie et des Ressources, Service des études environnementales, 29p.

CIMON, A., P-M. MAROTTE et R. DOSTIE, 1986, Surveillance des prises d'eau potable situées à proximité des secteurs traités au Bacillus thuringiensis contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette au Québec, en 1985, Québec, Gouvernement du Québec, ministère de l'Energie et des Ressources, Service des études environnementales, 17p.

DOSTIE, R., G. PARENT, S. DELISLE et P.-M. MAROTTE, 1986 a, Comportement du Bacillus thuringiensis en milieu lotique à l'extérieur des aires traitées (en 1985), Québec, Gouvernement du Québec, ministère de l'Energie et des Ressources, Service des études environnementales, 42p.

DOSTIE, R., G. PARENT, P.-M. MAROTTE et S. DELISLE, 1986 b, Concentrations de Bacillus thuringiensis dans l'eau de lacs situés à l'intérieur et à l'extérieur des aires traitées contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette au Québec, en 1985, Québec, Gouvernement du Québec, ministère de l'Energie et des Ressources, Service des études environnementales, (sous presses).

DUGAL, J., 1986, Evaluation des effets de l'insecticide biologique Bacillus thuringiensis Berliner sur la faune vertébrée du Québec, Québec, Gouvernement du Québec, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Service des études écologiques, 47p.

FAUST. R.M. et L.A. BULLA, 1982, Bacteria and Their Toxins as Insecticides, dans Microbial and Viral Pesticides, E. Kurstak, ed., New York, pp. 75-208.

MENON, A.S. et J. DE MESTRAL, 1985, Survival of Bacillus thuringiensis var. kurstaki in waters, dans Water, Air, and Soil Pollution, vol. 25, D. Reidel publishing compagny, pp. 265-274.

MORIN, R., G. GABOURY, G. MAMARBACHI et R. DOSTIE, 1983, Résidus de fénitrothion et d'aminocarbe dans l'environnement (en 1981), Québec, Gouvernement du Québec, ministère de l'Energie et des Ressources, Service d'entomologie et de pathologie, 70 p.

MORRIS, O.N., 1982, Bacteria as Pesticides: Forest Applications, in Microbial and Viral Pesticides, E. Kurstak ed., New York, pp. 239-287.

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Énergie et des Ressources
Service des études environnementales